

008740-000022.SJS.261349

Atty. Docket No. 8240-22

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of:) Before the Examiner
)
Trucco) Not yet known
)
Serial No. 10/722,989) Group Art Unit
)
Filed November 26, 2003) 3732
)
METHOD AND APPARATUS)
FOR ULTRASONIC IMAGING)
USING ACOUSTIC BEAMFORMING)

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Please find enclosed a certified copy of Italian Patent Application No. SV 2002 A
000058, filed on November 28, 2002, to which the above application claims priority.

I hereby certify that this correspondence is
being deposited with the United States Postal
Service as **first class mail** in an envelope
addressed to the Commissioner for Patents,
PO Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

March 18, 2004

(Date of Deposit)

Scott J. Stevens

Name of Registered Representative

Scott J. Stevens
Signature

March 18, 2004

Date of Signature

Respectfully submitted,

Scott J. Stevens

Reg. No. 29,446

Woodard, Emhardt, Moriarty, McNett & Henry LLP
Bank One Center Tower
111 Monument Circle, Suite 3700
Indianapolis, Indiana 46204-5137
(317) 634-3456



Ministero delle Attività Produttive
Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi
Ufficio G2



Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per **Invenzione Industriale**

N. **SV2002 A 000058**

*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

20 NOV. 2003

Roma, li

IL DIRIGENTE

Paola Giuliano

Dr.ssa Paola Giuliano

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO A

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITA' AL PUBBLICO

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione ESAOTE S.p.A. SP
Residenza CASALE MONFERRATO (AL) codice 61622780960
2) Denominazione _____
Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome Dr. Giorgio A. Karaghiosoff cod. fiscale FRGGGL57A05D969V
denominazione studio di appartenenza Studio Karaghiosoff & Frizzi S.a.S. di Giorgio A. Karaghiosoff e C.
via Via Pecorile n. 27/B città Celle Ligure cap 17015 (prov) SV

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario VEDI SOPRA
via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

D. TITOLO classe proposta (sez/ci/scl) _____ gruppo/sottogruppo ☐ / ☐
Metodo e dispositivo per la formazione di fasci di onde acustiche, in particolare ad ultrasuoni ed in special modo per il rilevamento di immagini ecografiche

ANTICIPATA ACCESSIBILITA' AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒SE ISTANZA: DATA ☐ / ☐ / ☐N. PROTOCOLLO ☐

E. INVENTORI DESIGNATI cognome nome cognome nome
1) TRUCCO ANDREA 3) _____
2) _____ 4) _____

| F. PRIORITA' | Nazione o organizzazione | Tipo di priorità | numero di domanda | data di deposito | allegato S/R | SCIoglimento RISERVE Data N° Protocollo |
|--------------|--------------------------|------------------|-------------------|--|--------------------------|--|
| 1) | _____ | _____ | _____ | <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ____/____/____ ____/____/____ |
| 2) | _____ | _____ | _____ | <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | ____/____/____ ____/____/____ |

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione _____

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

NESSUNA

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

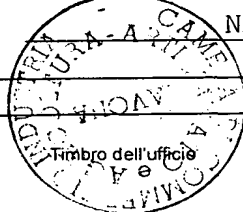
| N. es. | PROV | n. pag | 35 | riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare) |
|---|------|--------------------------|----|---|
| Doc. 1) <input checked="" type="checkbox"/> | PROV | <input type="checkbox"/> | 35 | disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare) |
| Doc. 2) <input checked="" type="checkbox"/> | PROV | <input type="checkbox"/> | 9 | lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale |
| Doc. 3) <input checked="" type="checkbox"/> | RIS | <input type="checkbox"/> | | designazione inventore |
| Doc. 4) <input checked="" type="checkbox"/> | XRIS | <input type="checkbox"/> | | documenti di priorità con traduzione in italiano |
| Doc. 5) <input type="checkbox"/> | RIS | <input type="checkbox"/> | | autorizzazione o atto di cessione |
| Doc. 6) <input type="checkbox"/> | RIS | <input type="checkbox"/> | | nominativo completo del richiedente |
| Doc. 7) <input type="checkbox"/> | | | | |

8) attestati di versamento, totale lire DUECENTONOVANTUNO/80 CENTESIMI (PER TRE ANNI) obbligatorio

COMPILATO IL 14 / 10 / 2002 FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)p.i. ESAOTE S.p.A.CONTINUA (SI/NO) ☒ Giorgio A. KaraghiosoffDEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA (SI/NO) ☒

CAMERA DI COMMERCIO INDUSTRIA ARTIGIANATO AGRICOLTURA DI SAVONA codice 09
VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA SV2002A000058 Reg. A

L'anno DUEMILADUE, il giorno VENTOTTO del mese di NOVEMBRE
Il (i) richiedente (i) sopraindicato (i) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. _____ fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraportato.

ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIALE ROGANTE NESSUNAIL DEPOSITANTE *[firma]*L'UFFICIALE ROGANTE *[firma]*

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE

NUMERO BREVETTO

REG. A

DATA DI DEPOSITO 28 / 11 / 2002
DATA DI RILASCIO / /

Denominazione

Denominazione

Residenza

ESAOTE S.p.A.

CASALE MONFERRATO (AL)

D. TITOLO

Metodo e dispositivo per la formazione di fasci di onde acustiche, in particolare ad ultrasuoni ed in special modo per il rilevamento di immagini ecografiche

Classe proposta (sez./cl./scl/)

(gruppo sottogruppo)

L. RIASSUNTO

RIASSUNTO

Metodo per la formazione in ricezione di fasci di onde acustiche, in particolare ad ultrasuoni ed in special modo per il rilevamento di immagini ecografiche, comprendente la trasmissione mediante un insieme di trasduttori elettroacustici di trasmissione di almeno un fascio di onde acustiche in un corpo in esame le quali onde vengono emesse con una prima frequenza di trasmissione; la ricezione delle onde acustiche riflesse dal corpo in esame mediante un insieme di trasduttori elettroacustici di ricezione; l'allineamento temporale dei segnali ricevuti da ciascun trasduttore mediante l'applicazione di ritardi di ricezione fra i vari segnali di ricezione dei diversi trasduttori; la somma dei segnali dei singoli trasduttori fra loro temporalmente allineati; la separazione dai segnali di ricezione della componente avente una seconda frequenza diversa da quella di trasmissione, in particolare la frequenza di un'armonica pari della frequenza di trasmissione; la trasformazione dei segnali di somma aventi una frequenza armonica della frequenza di trasmissione, in special modo la frequenza della seconda armonica della frequenza di trasmissione, in dati immagine della struttura del corpo in esame visualizzabili graficamente con mezzi di visualizzazione. Secondo l'invenzione, i ritardi vengono calcolati anche come funzione della frequenza del segnale di ricezione che si è scelto di utilizzare per la generazione dell'immagine e come funzione lineare o non lineare della posizione dei singoli trasduttori di ricezione nell'insieme di trasduttori di ricezione.

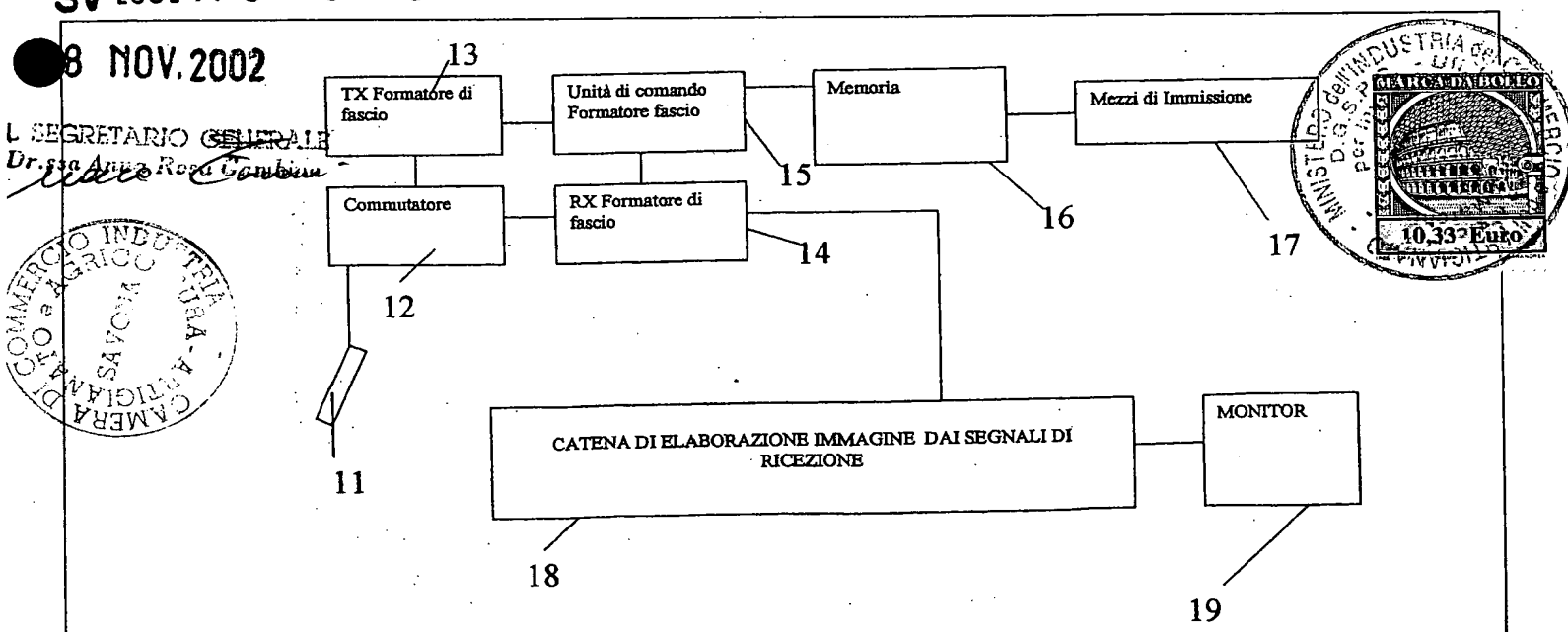
M. DISEGNO

M. DISEGNO
SV 2007 A 0 0 0 0 5 8

8 NOV. 2002

L SEGRETARIO ~~GENERALE~~

Dr. ssa Anna Rosa Gambini



SV 2002 A 000058
28 NOV.2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 531 BM

DESCRIZIONE dell'Invenzione Industriale dal titolo:

"Metodo e dispositivo per la formazione di fasci di onde acustiche, in particolare ad ultrasuoni ed in special modo per il rilevamento di immagini ecografiche"

5 appartenente a ESAOTE S.p.a., di nazionalità italiana, con sede in Via Ruffino Allora 32, 15033 Casale Monferrato (AL).

Depositato il 28 NOV.2002 Al Nr. SV 2002 A 000058

TESTO DELLA DESCRIZIONE

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

10 L'invenzione ha per oggetto un metodo per la formazione in ricezione di fasci di onde acustiche, in particolare ad ultrasuoni ed in special modo per il rilevamento di immagini ecografiche, il quale metodo comprende i seguenti passi:

15 La trasmissione mediante un insieme di trasduttori elettroacustici di trasmissione di almeno un fascio di onde acustiche in un corpo in esame le quali onde acustiche vengono emesse con una prima frequenza di trasmissione;

la ricezione delle onde acustiche riflesse dal corpo in esame mediante un insieme di trasduttori elettroacustici di ricezione;

20 l'allineamento temporale dei segnali ricevuti da ciascun trasduttore di ricezione relativamente ai segnali provenienti da una o più sorgenti di riflessione disposte in una prestabilita zona parziale od in un punto del corpo in esame, mediante l'applicazione di ritardi di allineamento fra i vari segnali di ricezione dei diversi trasduttori di ricezione, i quali ritardi
25 sono funzione della velocità di propagazione delle onde acustiche e del-

la distanza geometrica dei singoli trasduttori da una zona, un punto od una linea nel corpo in esame;

la somma dei segnali dei singoli trasduttori fra loro temporalmente allineati;

5 la separazione dai segnali di ricezione della componente avente una seconda frequenza diversa da quella di trasmissione, in particolare la frequenza di un'armonica pari della frequenza di trasmissione, in special modo la frequenza della seconda armonica della frequenza di trasmissione;

10 la trasformazione dei segnali di somma aventi una frequenza armonica della frequenza di trasmissione, in special modo la frequenza della seconda armonica della frequenza di trasmissione, in dati immagine della struttura del corpo in esame visualizzabili graficamente con mezzi di visualizzazione.

15 La metodologia su indicata è ampiamente utilizzata nel rilevamento di immagini acustiche ad ultrasuoni.

Fra le varie tecniche di acquisizione d'immagini ecografiche una tecnica prevede di focalizzare almeno il fascio di ricezione, generalmente sia il fascio di trasmissione che il fascio di ricezione, su una zona, un
20 punto od una linea di scansione che si estende per una certa profondità nel corpo in esame dalla superficie di emissione dei trasduttori all'interno del detto corpo in esame.

In trasmissione ciò ha la funzione di concentrare l'energia acustica generata dai singoli trasduttori su detta zona, su detta linea o su detto
25 punto. In ricezione la formazione del fascio su descritta ha la funzione

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino



di ricevere e sincronizzare fra loro le componenti del segnale di riflessione ricevuto dai trasduttori di ricezione che provengono da detta zona, da detta linea e da detto punto.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

I ritardi temporali di allineamento dei segnali di riflessione sono
5 funzione della velocità di propagazione delle onde acustiche nel corpo in
esame, dell'angolo di orientamento dai singoli trasduttori sulla zona, sulla
linea o sul punto di riflessione e della posizione del singolo trasduttore
di ricezione nell'insieme di trasduttori. L'insieme di trasduttori che for-
mano le sonde ecografiche possono essere di diverso tipo ma comun-
10 que i trasduttori sono sempre disposti affiancati fra loro su almeno una
linea che può essere retta o curva o su una superficie che può essere
piana o incurvata.

In altri tipi di sonde, un insieme di trasduttori avente un minore
numero di trasduttori viene invece traslato o ruotato per coprire una
15 maggiore ampiezza di campo di vista. Tuttavia, sia pure con alcune ov-
vie varianti, la tecnica su descritta si applica anche a questi tipi di insie-
mi di trasduttori, semplicemente tenendo conto del movimento che essi
eseguono durante la scansione.

Nelle ultime generazioni di macchine ecografiche e specialmente
20 per l'utilizzo in combinazione con i cosiddetti mezzi di contrasto, per la
generazione d'immagine viene sfruttata la parte di segnale di ricezione
avente una frequenza corrispondente alla frequenza di una armonica
della frequenza fondamentale di trasmissione. In questo caso per la ge-
nerazione delle immagini si rende necessario separare e/o eliminare la
25 componente dei segnali di ricezione alla frequenza fondamentale. In

28 NOV. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 331 BM

primo luogo ciò è dovuto al fatto che la componente di segnale alla frequenza fondamentale presenta ampiezza di gran lunga superiori a quelle delle componenti di segnale alle frequenze armoniche e quindi costituisce una fonte di disturbo nella generazione d'immagine.

b. IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

5 La separazione della componente del segnale di ricezione avente la frequenza della seconda armonica del segnale di trasmissione dalla componente di segnale di ricezione avente la detta frequenza fondamentale del segnale di trasmissione viene eseguita attualmente con diverse tecniche. Una tecnica prevede l'utilizzo di filtri adattivi che oltre a
10 provocare un aggravio computazionale nel processo di elaborazione dei segnali di ricezione richiedono in una certa misura anche una conoscenza del segnale di ricezione.

Altre tecniche di separazione della componente in seconda armonica del segnale di ricezione dalla componente a frequenza fondamentale operano utilizzando una doppia trasmissione di impulsi acustici
15 i cui corrispondenti segnali di ricezione vengono fra loro combinati in modo tale da provocare l'elisione della componente alla frequenza fondamentale.

Una tecnica di questo tipo è costituita ad esempio dalla cosiddetta "inversione d'impulso", in cui i due impulsi in trasmissione vengono
20 invertiti relativamente alla fase ed i cui corrispondenti segnali di ricezione vengono fra loro sommati. Queste tecniche eliminano la necessità di utilizzare i filtri adattivi, ma per contro raddoppiano i tempi di rilevamento dell'immagine, in quanto per ciascuna linea di scansione richiedono la
25 trasmissione anche di un secondo impulso ad ultrasuoni.

28 NOV. 2002

L'invenzione ha lo scopo di realizzare un metodo del tipo descritto all'inizio, grazie a cui sia possibile eseguire la separazione della componente del segnale di ricezione a frequenza fondamentale da quella alla frequenza di una delle armoniche di detta frequenza fondamentale, in special modo della seconda armonica con una modalità altrettanto semplice come nei metodi che provvedono a tale separazione mediante combinazione dei segnali di ricezione di due successivi identici impulsi di trasmissione senza però necessitare della detta doppia trasmissione e quindi riducendo i tempi di rilevamento o di scansione.

10 L'invenzione risolve il problema di cui sopra con un metodo del tipo descritto all'inizio, in cui i ritardi vengono calcolati anche come funzione della frequenza di lavoro e come funzione della posizione del trasduttore al segnale di ricezione del quale si applica ciascun ritardo.

La suddetta funzione di calcolo dei ritardi può essere una funzione qualsivoglia.

La dipendenza dalla posizione del trasduttore al segnale di ricezione del quale si applica ciascun ritardo può essere lineare o non lineare.

In particolare, l'invenzione prevede che alla funzione di calcolo dei ritardi venga aggiunto un termine che dipende dalla frequenza della componente di segnale desiderata e che dipende in modo lineare o non lineare dall'indice del corrispondente trasduttore di ricezione, cioè dalla sua posizione nell'ambito di un insieme di trasduttori di ricezione.

Ciò rende il calcolo del ritardo funzione della frequenza prescelta per la componente segnale di ricezione che si vuole utilizzare per la tra-

sformazione in dati immagine ed introduce uno sfasamento che consente al tempo stesso di eliminare automaticamente all'atto della somma dei segnali dei singoli trasduttori di ricezione la componente alla frequenza fondamentale.

5 Con particolare riferimento all'Harmonic Imaging, ovvero allo sfruttamento per la generazione dei dati immagine delle componenti dei segnali alla seconda armonica, rendendo i ritardi funzione della frequenza di seconda armonica, si ottiene uno sfasamento dei segnali di ricezione che all'atto della somma dei segnali di ricezione dei singoli tra-
10 sduttori di ricezione comporta l'automatica elisione delle componenti di segnale alla frequenza fondamentale, mentre le componenti di segnale alla frequenza armonica risultano in fase fra loro e le dette componenti si sommano fra loro in modo non distruttivo formando un segnale amplificato delle componenti alla frequenza della seconda armonica.

15 Poiché i segnali di ricezione non sono continui ma di tipo impulsivo, si presentano cosiddetti effetti di bordo, sostanzialmente delle parziali sovrapposizioni degli impulsi sfasati fra loro, che comportano nella semplice forma del metodo su descritta la non completa elisione delle componenti di segnale di ricezione alla frequenza fondamentale e una
20 riduzione dell'amplificazione in combinazione con un allungamento dell'impulso per le componenti alla frequenza armonica, in particolare alla frequenza della seconda armonica della frequenza fondamentale.

Per ulteriormente sopprimere questi effetti collaterali l'invenzione propone una variante in cui viene variato il verso di sfasamento dei segnali fra loro successivi, con riferimento all'istante di ricezione da parte
25

28 NOV. 2002

del corrispondente trasduttore dell'insieme di trasduttori, in modo tale per cui venga mantenuto sostanzialmente costante lo sfasamento sia delle componenti alla frequenza fondamentale che alla frequenza dell'armonica prescelta, in particolare della seconda armonica.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

- 5 Una variante esecutiva dell'invenzione prevede di associare al termine di calcolo del ritardo che è funzione della frequenza prescelta per le componenti di segnale da cui si desidera ricavare i dati immagine una sequenza di variazione del verso di sfasamento i cui elementi vengono applicati in funzione del numero d'ordine dei trasduttori, con riferimento alla loro disposizione nell'insieme di trasduttori.

Una possibile sequenza è costituita da una sequenza del tipo 0, 1, 0, 1, 0, 1, , corrispondente ad una funzione $\text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori; dove la funzione $\text{rem}(a/b)$ è il resto della divisione di a per b.

- 15 Una variante esecutiva prevede una diversa sequenza del tipo 0, 1, -1, 0, 1, -1, corrispondente ad una funzione $(\text{rem}((i+1)/3)-1)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori..

- 20 Una ulteriore possibile sequenza comprende gli elementi 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, corrispondente ad una funzione $(-1)^{(i+1)/2} \text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori.

- 25 In questo caso, all'atto della somma dei segnali di ricezione vengono sostanzialmente ridotti temporalmente gli effetti di bordo su indicati per la frequenza fondamentale, mentre si ottiene la massima amplifica-

28 NOV. 2002

zione del segnale per la somma delle componenti alla frequenza armonica, in particolare alla frequenza della seconda armonica ed un ridotto allargamento temporale del segnale.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Maria Gambino

Per ulteriormente eliminare gli effetti di bordo notevolmente ridotti

5 e sostanzialmente previsti alle estremità del segnale impulsivo di somma delle componenti all'armonica fondamentale è possibile ulteriormente prevedere un segnale d'involuppo con bordi smussati, ad esempio un segnale d'involuppo triangolare od una curva di Gauss che in questo caso riduce ulteriormente l'ampiezza degli effetti di bordo nel segnale di
10 somma delle componenti alla frequenza fondamentale, mentre l'amplificazione del segnale di ricezione complessivo, cioè la somma delle singole componenti di segnale dei singoli traduttori alla frequenza armonica prescelta, in particolare alla frequenza della seconda armonica resta elevata, venendo mantenuta anche la caratteristica di un ridotto
15 allargamento temporale del segnale di somma.

Grazie al metodo secondo l'invenzione è quindi possibile ottenere contestualmente alla focalizzazione del fascio in ricezione anche l'eliminazione delle componenti di segnale alla frequenza fondamentale e ciò con esigui aggravi di hardware e senza richiedere allungamenti dei
20 tempi di elaborazione o di rilevamento come nelle note tecniche di Imaging armonico (Harmonic Imaging).

L'invenzione ha per oggetto un dispositivo per l'attuazione del detto metodo, in particolare una macchina per il rilevamento di immagini ecografiche, comprendente almeno una sonda ecografica con una pluralità di trasduttori di trasmissione ed una pluralità di trasduttori di rice-
25

zione, una unità di formazione dei fasci in ricezione a cui sono collegati trasduttori di ricezione, per l'applicazione dei ritardi di allineamento temporale dei segnali di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione con riferimento alla direzione di focalizzazione dei singoli trasduttori su una o
5 più sorgenti di riflessione, mezzi per l'elaborazione dei segnali di ricezione comprendenti mezzi di eliminazione od almeno di attenuazione della componente dei detti segnali di ricezione alla frequenza fondamentale, mezzi di somma dei singoli segnali di ricezione dei rispettivi trasduttori di ricezione e mezzi di trasformazione dei segnali di somma in dati
10 immagine, nonché di visualizzazione dei dati immagine sotto forma di immagini grafiche.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

Secondo l'invenzione, i mezzi di formazione dei fasci in ricezione sono costituiti da una unità programmabile o comandabile da mezzi di comando a loro volta programmabili ed in cui sono memorizzati gli algoritmi di calcolo dei ritardi temporali di ricezione dei segnali da parte dei
15 singoli trasduttori di ricezione, i quali ritardi vengono calcolati in funzione della posizione del trasduttore nell'insieme di trasduttori relativamente ad un riferimento prestabilito, sulla base dell'angolo di steering e sulla base di una prestabilita frequenza armonica della frequenza fondamentale dei segnali di ricezione.
20

Secondo un perfezionamento, le unità di formazione dei fasci in ricezione sono programmate o comandate da mezzi a loro volta programmabili a calcolare i ritardi di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione in modo da generare una variazione del verso di spostamento di
25 fase determinato dalla dipendenza funzionale dei ritardi dalla frequenza

28 NOV.2002

armonica prescelta, in particolare dalla frequenza della seconda armonica.

In particolare l'unità di formazione del fascio di ricezione è programmata in modo tale da comandare da mezzi programmabili in modo tale da combinare lo sfasamento dei segnali di ricezione dei singoli trasduttori dovuto all'applicazione dei ritardi funzionali e dalla dipendenza degli stessi dalla frequenza armonica prescelta, in particolare la seconda armonica, con una sequenza di variazione del verso di sfasamento costituita da elementi fra loro alternati di valore "0" e di valore "1".

La detta sequenza è definita ad esempio dalla funzione $\text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori e la funzione $\text{rem}(a/b)$ come più sopra definita.

Una variante esecutiva prevede una diversa sequenza del tipo 0, 1, -1, 0, 1, -1, corrispondente ad una funzione $(\text{rem}((i+1)/3)-1)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori..

Ancora una ulteriore possibile sequenza comprende gli elementi 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, corrispondente ad una funzione $(-1)^{(i+1)/2} \text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori.

Secondo un ulteriore perfezionamento dell'invenzione, il dispositivo comprende ulteriormente mezzi per la generazione di fasci acustici impulsivi il cui andamento temporale possieda un inviluppo avente bordi smussati, ad esempio un inviluppo triangolare o Gaussiano. Operando in questo modo, anche i singoli segnali di ricezione dei singoli trasduttori

28 NOV. 2002

presenteranno echi aventi inviluppo con bordi smussati, producendo un incremento nelle prestazioni del sistema. In alternativa, è possibile prevedere l'inserimento di filtri che lavorino sui segnali in ricezione e che, in base a quanto trasmesso, smussino l'inviluppo degli echi ricevuti.

5 Ulteriori perfezionamenti del metodo e del dispositivo secondo l'invenzione sono oggetto delle sottorivendicazioni.

Le caratteristiche dell'invenzione ed i vantaggi da essa conseguiti risulteranno meglio dalla seguente descrizione di un esempio esecutivo non limitativo illustrato nei disegni allegati, in cui:

10 La fig. 1 illustra graficamente ed in modo estremamente semplificato il meccanismo di ricezione che comporta l'applicazione dei ritardi di focalizzazione dei fasci di ultrasuoni riflessi verso i trasduttori di ricezione di una sonda ecografica.

Le figg. 2 e 3 illustrano un metodo secondo l'arte nota che è conosciuto con la denominazione Delay and Sum, cioè Ritardo e Somma
15 rispettivamente applicato alla componente con frequenza fondamentale dei segnali di ricezione ed alla componente con frequenza della seconda armonica dei segnali di ricezione.

Le figg. 4 e 5 illustrano analogamente alle figure 2 e 3 il meccanismo del principio della presente invenzione con riferimento a condizioni
20 ideali.

Le figg. 6 e 7 illustrano analogamente alle precedenti figure 4 e 5 l'effetto del principio della presente invenzione con riferimento alle reali condizioni in cui i segnali di ricezione sono di tipo impulsivo cioè temporalmente limitati.
25

28 NOV. 2002

Le figg. 8 a 13 illustrano analogamente alle precedenti figure 4 a 7, l'effetto di tre diverse modalità di alternanza del verso di sfasamento temporale fra i segnali di ricezione dei singoli trasduttori per la limitazione o soppressione degli effetti secondo le figg. 6 e 7.

5 Le figg. 14 e 15 illustrano analogamente alle precedenti gli effetti sui segnali di ricezione rispettivamente sulle componenti alla frequenza fondamentale ed alla frequenza della seconda armonica dell'utilizzo di segnali di ricezione con inviluppo triangolare.

10 La fig. 16 illustra uno schema a blocchi di un esempio esecutivo di macchina per il rilevamento di immagini ecografiche per l'attuazione del metodo secondo la presente invenzione.

Nella figura 1 viene schematizzato e semplificato in modo drastico il meccanismo su cui si basa la ricezione di segnali ecografica e che determina la necessità di operare una focalizzazione di fascio di ricezione mediante applicazione di ritardi a finestre temporali di attivazione in ricezione dei singoli trasduttori di ricezione di un insieme di trasduttori di ricezione.

20 Sull'asse x sono distribuiti sette trasduttori che per opportunità grafica sono disposti distanziati fra loro, ma che in realtà sono adiacenti l'uno all'altro nelle sonde ecografiche.

I trasduttori sono indicati con i numeri da 1 a 7 e la distanza da un riferimento prestabilito, in questo caso l'origine del sistema di coordinate x,y od x,t, è indicata con $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$, in cui l'indice identifica il corrispondente trasduttore. Questa notazione è consistente con la notazione generica matematica che verrà utilizzata in seguito. Ciascun tra-

23 NOV. 2002

sduttore è identificato da un indice "I" che può assumere un valore intero e che allo stesso tempo ne identifica una determinata posizione nell'ambito dell'insieme di trasduttori e quindi una determinata distanza da un riferimento prestabilito.

5 Un fascio di ultrasuoni trasmesso in un corpo in esame e quindi con direzione di propagazione Y penetra nel detto corpo in esame. La distanza y è proporzionale al tempo di propagazione dall'istante di emissione del fascio trasmesso essendo la velocità di propagazione costante nel corpo in esame.

10 Il fascio in trasmissione viene quindi riflesso da un riflettore indicato con C e rappresentato a titolo esemplificativo da un solo punto per semplicità illustrativa del principio.

Il riflettore è fisicamente equivalente ad una sorgente di emissione di un'onda ad ultrasuoni e quindi l'onda di riflessione è illustrata
15 nell'esempio schematico come un'onda sferica. Le frecce tratteggiate R_1 a R_7 indicano le direzioni di congiunzione delle superfici attive di ricezione dei trasduttori di ricezione con il punto di riflessione C.

Da quanto sopra appare chiaro che i contributi del segnale di riflessione lungo le diverse direzioni R_1 a R_7 raggiungono i corrispondenti
20 trasduttori 1 a 7 in istanti temporali diversi. Al fine di ricostruire il fascio di riflessione che è costituito dalla somma dei contributi dei segnali di ricezione di tutti i trasduttori 1 a 7 dell'insieme di trasduttori di ricezione è quindi necessario applicare dei ritardi temporali in ricezione fra loro diversi per ciascun trasduttore e che appunto debbono essere calcolati in
25 base alla posizione del trasduttore, alla velocità di propagazione

28 NOV.2002

Giorgio A. Karaghiosoff
 Mandatario Abilitato
 Iscritto al N. 531 BM

dell'onda ad ultrasuoni e generalmente all'angolo di steering, vale a dire, l'angolo compreso fra il punto C e l'origine del sistema di coordinate prescelto, nonché, laddove necessario, dalla distanza del punto C dall'origine del suddetto sistema di coordinate. In questo modo i segnali ricevuti da ciascun trasduttore saranno temporalmente allineati fra loro e verranno sommate le corrette parti di detto segnale relative al fascio di riflessione generato dal riflettore C. E' da notare che nella figura 1 il processo di trasmissione non è illustrato per semplicità e per rendere più chiaro ed evidente il processo di riflessione.

Dr. ssa Anna Rosa Gambino

Le figure 2 e 3 illustrano il teorico andamento dei segnali di ricezione di tre trasduttori, a valle dell'applicazione dei ritardi temporali precedentemente descritti, relativamente alla componente alla frequenza fondamentale ed alla componente con la frequenza della seconda armonica nonché i corrispondenti segnali di somma ottenuti con un metodo secondo lo stato dell'arte denominato Delay & Sum (ritardo e somma).

In questo caso, il fascio di ricezione, cioè il segnale di somma è definito dalla seguente equazione:

$$b(t, \theta_0) = \sum_i s_i \left(t - \frac{x_i \sin \theta_0}{c} \right)$$

Il fascio b è costituito dal segnale di somma dei segnali dei singoli trasduttori S_i a cui è applicato un ritardo che è appunto funzione della posizione x_i dei singoli trasduttori, dell'angolo di steering e della velocità di propagazione dell'onda ad ultrasuoni e che viene sottratto dal tempo t di attivazione della finestra temporale di ricezione dell'insieme di trasdutto-

28 NOV.2002

ri, cioè del trasduttore avente ritardo zero. Il termine di ritardo inserito nell'equazione precedente è quello relativo ad una scena situata in campo lontano; qualora la scena fosse situata in campo vicino, tale termine di ritardo deve essere aggiornato per tenere in considerazione anche la distanza della scena stessa dall'origine del sistema di coordinate prescelto. Questo aggiornamento segue i dettami dello stato dell'arte, in particolare la ben nota tecnica della focalizzazione dinamica, e non inficia né altera in alcun modo la validità e il funzionamento dell'invenzione. Pertanto, per semplicità di notazione e senza perdita di generalità, nel prosieguo della presente trattazione, riguardo al Delay & Sum, verranno usati i ritardi calcolati in caso di scena in campo lontano, intendendo implicitamente che essi possono essere sostituiti dai ritardi calcolati per una scena posta in campo vicino, come noto nello stato dell'arte. E' da notare come il ritardo applicato ai singoli trasduttori di ricezione comporta l'allineamento temporale dei segnali come illustrato nelle figure 2 e 3 a prescindere dalla frequenza e pertanto il segnale di somma comporta una amplificazione dei singoli segnali dei trasduttori di ricezione. Infatti, l'equazione su descritta non prevede alcuna dipendenza del segnale di somma b dalla frequenza. Pertanto con il metodo di formazione del fascio tradizionale secondo la tecnica del Delay & Sum la modalità denominata Harmonic Imaging che prevede l'utilizzo delle componenti con frequenza della seconda armonica dei segnali di ricezione per l'ottenimento dei dati immagine richiede una ulteriore elaborazione al fine di eliminare o sostanzialmente ridurre drasticamente la componente di segnale alla frequenza fondamentale. Ciò è necessario in quanto

25 NOV. 2002

l'ampiezza del segnale alla frequenza fondamentale è notevolmente più elevata dell'ampiezza del segnale alla frequenza della seconda armonica e quindi produce un effetto assimilabile ad un abbagliamento che impedisce l'elaborazione secondo la modalità di Harmonic Imaging. Nei metodi secondo lo stato dell'arte, come già descritto nell'introduzione vengono utilizzati altri sistemi per l'eliminazione o drastica soppressione della componente alla frequenza fondamentale come ad esempio l'utilizzo di filtri adattivi o l'esecuzione di doppi spari di trasmissione e la combinazione dei corrispondenti segnali di ricezione per ottenere una elisione della componente alla frequenza fondamentale.

IL SEGRETARIO GENERALE
Dr.ssa Anna Rosa Gambino

Le figure 4 e 5 illustrano i segnali di ricezione di singoli trasduttori, per la precisione di quattro trasduttori i quali segnali sono identificati con S_1 a S_4 e sono corrispondenti rispettivamente per le figure 4 e 5 alla componente a frequenza della fondamentale ed alla componente con la frequenza della seconda armonica della detta frequenza fondamentale. Inoltre viene illustrato l'andamento del segnale di somma dei singoli segnali di ricezione S_1 a S_4 nei due casi su indicati.

Il metodo secondo l'invenzione consiste nel rendere i ritardi temporali da applicare in ricezione ai singoli trasduttori di ricezione dipendenti dalla frequenza della componente di segnale che si desidera utilizzare per ottenere le immagini ed inoltre linearmente dipendente dall'indice del trasduttore, cioè dalla posizione dello stesso nell'insieme di trasduttori.

In questo caso, limitandosi all'Harmonic Imaging, la frequenza prescelta è pari al doppio della frequenza della fondamentale.

28 NOV. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 31 BM

L'equazione di determinazione del segnale di somma dei segnali di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione che costituisce il fascio in ricezione è quindi la seguente:

$$b(t, \theta_0) = \sum_i s_i \left(t - \frac{x_i \sin \theta_0}{c} - i \frac{1}{2f_0} \right)$$

5 in cui: "i" := indice del trasduttore;

f_0 := frequenza fondamentale;

X_i := è la distanza del trasduttore "i" da un riferimento prestabilito;

S_i := segnale di ricezione del trasduttore "i";

θ_0 := è l'angolo di steering;

10 $b(t, \theta_0)$:= è il segnale di somma.

IL SEGRETARIO GENERALE
D.ssa Anna Rita Tambino

In questo caso, il ritardo temporale introduce uno sfasamento temporale fra i segnali di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione che è pari ad un semiperiodo della fondamentale ed è funzione lineare di "i".

Come illustrato nella figura 4, per la componente alla frequenza fon-
15 mentale, tale sfasamento o spostamento temporale comporta che i segnali dei successivi trasduttori siano sempre sfalsati di un semiperiodo rispetto a quelli del trasduttore precedente quando si considerano le componenti alla frequenza fondamentale f_0 , per cui i segnali di ricezione dei singoli trasduttori si elidono a coppie ed il segnale di somma è pari a
20 zero. Per quanto riguarda le componenti alla frequenza della seconda armonica illustrate nella figura 5, lo sfalsamento introdotto mantiene sempre in fase fra loro i singoli segnali di ricezione, per cui il segnale di somma risulta amplificato.

28 NOV.2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 531 BM

Le figure 2 a 5 illustrano condizioni teoriche e non reali, in quanto, i segnali di ricezione dei singoli trasduttori sono segnali continui. In realtà i segnali di ricezione sono di tipo impulsivo come indicato nelle figure 6 e 7 sempre con riferimento alla frequenza fondamentale e con riferimento alla frequenza della seconda armonica.

Tale limitazione temporale del segnale comporta tuttavia degli inconvenienti che sono generalmente noti come "effetti di bordo", ovvero la parziale sovrapposizione di impulsi sfasati. Per quanto riguarda le componenti alla frequenza fondamentale f_0 ciò comporta come risulta evidente dalla figura 6 una non completa eliminazione della segnale di somma.

Per quanto riguarda invece le componenti con frequenza della seconda armonica, si ha una riduzione dell'amplificazione nel segnale di somma ed un allungamento dell'impulso.

In queste condizioni, anche se i vantaggi della presente invenzione non sono completamente vanificate, gli effetti su descritti minano almeno in parte i suddetti vantaggi.

Per far fronte a questi effetti secondari indesiderati, il metodo secondo l'invenzione propone di modificare la determinazione del calcolo dei ritardi temporali, in modo da modificare alternativamente il verso di sfasamento temporale fra i singoli successivi segnali di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione e ciò in modo da mantenere i segnali di ricezione per lo più sovrapposti fra loro.

Ciò è illustrato negli esempi delle figure 8 a 13 che rappresentano tre possibili varianti di detto scorrimento.

26 NOV. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
 Mandatario Abilitato
 Iscritto al N. 551 BM

Una prima variante esecutiva di attuazione della modifica del verso di scorrimento temporale dei singoli segnali fra loro è costituita dal termine di determinazione del ritardo contenuto nella seguente equazione:

$$b(t, \theta_0) = \sum_i s_i \left(t - \frac{x_i \sin \theta_0}{c} - \text{rem}(i/2) \frac{1}{2f_0} \right)$$

Come risulta evidente rispetto alla precedente equazione, è variato solamente il termine di determinazione dei ritardi dei segnali di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione a cui è stata aggiunta al posto della dipendenza lineare dall'indice "i" la dipendenza dalla funzione rem(i/2). Questa funzione produce in dipendenza del valore dell'indice una sequenza di valori "0" ed "1" alternati fra loro ed è stata definita in dettaglio più sopra nella presente descrizione.

La conseguenza appare evidente nelle figure corrispondenti 8 e 9. Lo sfasamento temporale dei segnali di ricezione ottenuto determina lo scorrimento lungo l'asse del tempo di un semiperiodo alternativamente verso destra e verso sinistra, per cui i segnali di ricezione dei singoli trasduttori vengono allineati in modo temporalmente sfasato fra loro e tale da restare sempre sostanzialmente sovrapposti o comunque da mantenere lo sfasamento temporale entro tolleranze accettabili. Allo stesso tempo restano invariati i vantaggi relativi ad un sostanziale sfasamento di un semiperiodo per le componenti alla frequenza fondamentale e di un periodo per le componenti con la frequenza della seconda armonica.

20 NOV. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 631 BM

Il risultato, ovvero il segnale di somma è illustrato per i due casi delle componenti alla frequenza fondamentale ed alla frequenza della seconda armonica. Questa prima variante comporta la riduzione degli effetti di bordo, cioè delle parti di segnale diverse da zero dal punto di vista della durata, ma implica una loro ampiezza considerevole. Inoltre le parti del segnale di somma diverse da zero appaiono all'inizio ed al termine dell'impulso.

Il Segretario

Dr.ssa Anna Rosa Gambino

Per quanto riguarda il segnale di somma delle componenti alla frequenza della seconda armonica, tale segnale consente di ottenere sostanzialmente la massima amplificazione e di limitare l'allargamento temporale del segnale di somma dei singoli segnali di ricezione dei trasduttori.

La seconda variante esecutiva, i cui effetti sono evidenziati nelle figure 10 e 11, prevede che l'indice "i" sia sostituito da una funzione $(\text{rem}((i+1)/3)-1)$ che produce una sequenza del tipo 1, -1, 0, 1, -1,.....

Il risultato è immediatamente visibile dalle figure 10 e 11. anche in questo caso si ottiene un mantenimento di sostanziale sovrapposizione temporale dei singoli segnali di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione, come nel caso precedente.

Per quanto riguarda il segnale di somma delle componenti dei segnali di ricezione alla frequenza fondamentale, questo segnale è illustrato nella figura 10 e presenta effetti di bordo, cioè parti di segnale di somma diverse da zero che sono distribuiti lungo la durata dell'impulso e che hanno una ampiezza ridotta, cioè pari ad un terzo della massima amplificazione possibile grazie alla somma dei singoli segnali di ricezio-

ne. Il segnale di somma delle componenti con la frequenza della seconda armonica, invece consentono il raggiungimento della massima amplificazione, mentre l'allungamento temporale del segnale resta piuttosto ridotto (pari a circa $1/f_0$).

5 Una terza variante del termine di calcolo dei ritardi temporali prevede in luogo dell'indice "i" la funzione $(-1)^{(i+1)/2} \text{rem}(i/2)$ che fornisce una sequenza del tipo: 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1,

Gli effetti di questo ritardo sui segnali di ricezione dei singoli trasduttori sia alla frequenza fondamentale che alla frequenza della seconda armonica sono illustrati nelle figure 12 e 13.

Come è possibile vedere dalla fig. 12, il segnale di somma delle componenti alla frequenza fondamentale dei segnali di ricezione dei trasduttori presenta effetti di bordo, cioè parti di segnale diverse da zero che sono concentrati alle estremità dell'impulso e che hanno una ampiezza pari ad un quarto dell'ampiezza massima possibile.

Per quanto riguarda il segnale di somma delle componenti con frequenza della seconda armonica, anche in questo caso si ottiene la massima amplificazione d'ampiezza possibile ed un allungamento temporale sempre piuttosto ridotto (pari a circa $1/f_0$).

20 Come risulta chiaramente da quanto sopra esposto con riferimento alle figure 8 a 13, gli accorgimenti adottati migliorano la situazione, ma non comportano una completa eliminazione degli effetti di bordo.

Con particolare riferimento, ma non limitativamente alle forme esecutive relative alle figure 8 e 9 e 12 e 13, in cui il segnale di somma delle componenti con la frequenza fondamentale dei segnali di ricezione

è diverso da zero nelle zone d'estremità, risulta vantaggioso prevedere in combinazione con quanto sopra un ulteriore accorgimento che consente di ridurre ulteriormente i cosiddetti e sopra meglio specificati effetti di bordo.

5 Tale accorgimento è illustrato nelle figure 14 e 15 e prevede l'emissione di fasci acustici la cui forma d'onda presenta un inviluppo con andamento a bordi smussati. Nelle figure 14 e 15, a titolo di esempio, sono illustrati i segnali ricevuti da alcuni sensori qualora sia usato un impulso ad inviluppo triangolare. La forma dell'inviluppo è indicata sola-
10 mente in combinazione con il segnale di ricezione S1 ed è identificata con il simbolo I.

L'effetto sui segnali di somma delle componenti alla frequenza
fondamentale ed alla frequenza della seconda armonica sono, nel primo caso una drastica riduzione delle parti di segnale di somma diverse da
15 zero ad una frazione pari a $1/8.7$ della massima ampiezza possibile con la detta somma e nel secondo caso della frequenza di seconda armonica ad una lieve attenuazione dell'amplificazione sostanzialmente pari ad un fattore di circa 0.77 della ampiezza massima ottenibile mantenendo buoni i livelli di allungamento temporale del segnale sostanzialmente ai
20 valori ottenuti in assenza di quest'ultimo accorgimento.

Ovviamente in luogo dell'inviluppo triangolare è possibile prevedere altre forme d'inviluppo come un inviluppo costituito da una Gaussiana o simili.

I vantaggi del metodo secondo la presente invenzione risultano
25 chiari da quanto sopra esposto. Senza dover provvedere a sostanziali e

IL SEGRETARIO GENERALE
Dra. Anna Rosa Gambino
C. C. C.



28 NOV.2002

pesanti fasi di eliminazione della componente di segnale di ricezione alla frequenza fondamentale con semplici accorgimenti è possibile ottenere tale eliminazione sostanziale a livello di formazione del fascio di ricezione dalla somma dei contributi di segnale dei singoli traduttori, semplicemente calcolando oculatamente i ritardi di focalizzazione. Anche gli interventi di ulteriore perfezionamento non richiedono incrementi rilevabili dei tempi di elaborazione e dell'hardware necessario, offrendo così in modo economico e veloce la possibilità di eseguire un rilevamento d'immagine in modalità Harmonic Imaging. Quanto sopra ha vantaggi non solo nei tempi di generazione d'immagine, ma anche relativamente ad una limitazione dei costi del dispositivo stesso eliminando componenti elettroniche e quindi semplificando il dispositivo per il rilevamento d'immagini ecografiche.

Nonostante, le modalità di calcolo dei ritardi secondo le equazioni su elencate possano venire implementate direttamente nell'hardware e cioè nelle unità di formazione del fascio di trasmissione, senza richiedere sostanzialmente modifiche anche a macchine già esistenti, l'invenzione ha per oggetto una macchina ecografica che presenta una particolare facilità di implementazione del metodo.

Con riferimento alla figura 16, una macchina ecografica è composta da una sonda ecografica 10 che comprende un insieme di trasduttori. I trasduttori hanno funzione sia di trasduttori di ricezione sia di trasduttori di trasmissione e vengono collegati alternativamente ed in modo sincronizzato con le fasi di trasmissione dei fasci ad ultrasuoni e di ricezione delle onde riflesse ad una unità di formazione del fascio di tra-

26 NOV. 2002

Giorgio A. Karghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 531 BM

smissione 13 e ad una unità di formazione del fascio in ricezione 14 per mezzo di un commutatore 12. I segnali in uscita dal formatore di fascio vengono poi avviati ad una catena di elaborazione per la generazione di dati immagine dai detti segnali di ricezione e che è di tipo noto ed è indicata genericamente con 18. I dati immagine vengono quindi visualizzati su un monitor o con altri mezzi di visualizzazione 19.

Secondo la presente invenzione, almeno l'unità di formazione del fascio di ricezione 14 è di tipo comandabile da una unità di comando 15 che è programmabile e che presenta una memoria 16 in cui è possibile memorizzare almeno una delle modalità di formazione del fascio, cioè di calcolo dei ritardi secondo la precedente invenzione, grazie a mezzi di immissione 17, come ad esempio una tastiera, o simili. Vantaggiosamente, grazie a questa costruzione è possibile prevedere nella memoria tutti i tipi di algoritmo del metodo secondo la precedente invenzione che possono venire scelti alternativamente fra loro. E' anche possibile in questo modo aggiornare gli algoritmi di formazione del fascio, ovvero gli algoritmi di calcolo dei ritardi con algoritmi perfezionati di nuova generazione senza dover provvedere alla modifica strutturale della macchina stessa.

Le unità di generazione del segnale d'involuppo non sono illustrate separatamente dalla unità 13 di formazione del fascio di trasmissione e si intendono schematicamente contenute nella detta unità. Anche in questo caso è possibile che la funzione d'involuppo venga definita in sede di unità di comando 15 e venga scelta fra diverse forme d'onda impostabili con i mezzi d'immissione 17 o contenute nella memoria 16.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la formazione in ricezione di fasci di onde acustiche, in particolare ad ultrasuoni ed in special modo per il rilevamento di immagini ecografiche, il quale metodo comprende i seguenti passi:

5 la trasmissione mediante un insieme di trasduttori elettroacustici di trasmissione di almeno un fascio di onde acustiche in un corpo in esame le quali onde acustiche vengono emesse con una prima frequenza di trasmissione;

la ricezione delle onde acustiche riflesse dal corpo in esame mediante un insieme di trasduttori elettroacustici di ricezione;

l'allineamento temporale dei segnali ricevuti da ciascun trasduttore di ricezione relativamente ai segnali provenienti da una o più sorgenti di riflessione disposte in una prestabilita zona parziale od in un punto del corpo in esame, mediante l'applicazione di ritardi di ricezione fra i
15 vari segnali di ricezione dei diversi trasduttori di ricezione, i quali ritardi sono funzione della velocità di propagazione delle onde acustiche e della distanza geometrica dei singoli trasduttori da una zona, un punto od una linea nel corpo in esame;

la somma dei segnali dei singoli trasduttori fra loro temporalmente allineati;

la separazione dai segnali di ricezione della componente avente una seconda frequenza diversa da quella di trasmissione, in particolare la frequenza di un'armonica pari della frequenza di trasmissione, in special modo la frequenza della seconda armonica della frequenza di
25 trasmissione;

26 NOV. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 531 BM

la trasformazione dei segnali di somma aventi una frequenza armonica della frequenza di trasmissione, in special modo la frequenza della seconda armonica della frequenza di trasmissione, in dati immagine della struttura del corpo in esame visualizzabili graficamente con
5 mezzi di visualizzazione,

caratterizzato dal fatto che

i ritardi vengono calcolati anche come funzione della frequenza del segnale di ricezione che si è scelto di utilizzare per la generazione dell'immagine e come funzione della posizione dei singoli trasduttori di
10 ricezione nell'insieme di trasduttori di ricezione.

2 Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la funzione di calcolo dei ritardi dipende in modo lineare o non lineare dalla posizione dei singoli trasduttori di ricezione nell'insieme di trasduttori di ricezione

15 3. Metodo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che alla funzione di calcolo dei ritardi viene aggiunto un termine che dipende dalla frequenza della componente di segnale desiderata e che dipende in modo lineare o non lineare dall'indice del corrispondente trasduttore di ricezione, cioè dalla sua posizione nell'ambito di un insieme di tra-
20 sduttori di ricezione.

4. Metodo secondo le rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che il ritardo è funzione della frequenza prescelta per la componente del segnale di ricezione che si vuole utilizzare per la trasformazione in dati immagine e tale da determinare uno sfasamento dei singoli segnali di
25 ricezione che consente al tempo stesso di eliminare automaticamente

78 NOV. 2382

all'atto della somma dei segnali dei singoli trasduttori di ricezione la componente alla frequenza fondamentale.

5. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che la frequenza delle componenti dei segnali di ricezione scelta per la ricostruzione dell'immagine è la frequenza della seconda armonica.

6. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che i ritardi sono calcolati in modo tale per cui le componenti alla frequenza fondamentale dei segnali di ricezione presentano fra loro uno sfasamento temporale pari ad un semiperiodo, mentre le componenti dei segnali di ricezione dei singoli trasduttori sono fra loro in fase, comportando nel segnale di somma dei singoli segnali di ricezione l'automatica elisione delle componenti di segnale alla frequenza fondamentale, mentre le componenti di segnale alla frequenza armonica si sommano fra loro in modo non distruttivo formando un segnale amplificato.

7. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che i ritardi temporali di ricezione per ciascun trasduttore identificato da un indice di posizione i sono calcolati in base alla funzione:

$$\frac{x_i \sin \theta_0}{c} + i \frac{1}{2f_0}$$

in cui:

in cui: " i " := indice del trasduttore;

f_0 := frequenza fondamentale;

X_i := è la distanza del trasduttore "i" da un riferimento prestabilito;

θ_0 := è l'angolo di steering;

8. Metodo secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che il segnale di somma dei segnali di ricezione è calcolato secondo la seguente equazione:

$$b(t, \theta_0) = \sum_i s_i \left(t - \frac{x_i \sin \theta_0}{c} - i \frac{1}{2f_0} \right)$$

in cui: "i":= indice del trasduttore;

f_0 := frequenza fondamentale;

X_i := è la distanza del trasduttore "i" da un riferimento prestabilito;

10 S_i := segnale di ricezione del trasduttore "i";

θ_0 := è l'angolo di steering;

$b(t, \theta_0)$:= è il segnale di somma.

9. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che per la soppressione almeno parziale o la riduzione di parti diverse da zero del segnale di somma delle componenti dei segnali di ricezione alla frequenza fondamentale l'invenzione prevede di variare il verso di sfasamento dei segnali fra loro successivi, con riferimento all'istante di ricezione da parte del corrispondente trasduttore dell'insieme di trasduttori, in modo tale per cui viene mantenuto sostanzialmente costante lo sfasamento sia delle componenti alla frequenza fondamentale che alla frequenza dell'armonica prescelta, in particolare della seconda armonica.

10. Metodo secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che

28 NOV. 2002

Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 534/BM

prevede di associare alla funzione di calcolo del ritardo di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione una sequenza di variazione del verso di sfasamento i cui elementi vengono applicati in funzione del numero d'ordine dei trasduttori, con riferimento alla loro disposizione nell'insieme di trasduttori.

11. Metodo secondo una delle rivendicazioni 9 o 10, caratterizzato dal fatto che prevede una sequenza di valori del tipo 0, 1, 0, 1, 0, 1, , che corrisponde ad una funzione $\text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori in sostituzione del

10 semplice indice "i".

12. Metodo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che la funzione di calcolo del ritardo di ricezione dei singoli trasduttori è la seguente:

$$\frac{x_i \sin \theta_0}{c} + \text{rem}(i/2) \frac{1}{2f_0}$$

15 mentre la funzione di somma dei segnali di ricezione dei singoli traduttori di ricezione è la seguente:

$$b(t, \theta_0) = \sum_i s_i \left(t - \frac{x_i \sin \theta_0}{c} - \text{rem}(i/2) \frac{1}{2f_0} \right)$$

in cui: "i" := indice del trasduttore;

f_0 := frequenza fondamentale;

20 X_i := è la distanza del trasduttore "i" da un riferimento prestabilito;

S_i := segnale di ricezione del trasduttore "i";

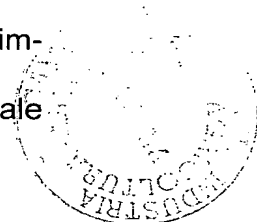
θ_0 := è l'angolo di steering;

$b(t, \theta_0)$:= è il segnale di somma.

13. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni 9 a 12, caratterizzato dal fatto che prevede una diversa sequenza del tipo 0, 1, -1, 0, 1, -1, corrispondente ad una funzione $(\text{rem}((i+1)/3)-1)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori e
5 che sostituisce la funzione $\text{rem}(i/2)$ secondo la rivendicazione 10.
14. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 9 a 13, caratterizzato dal fatto che prevede una diversa sequenza comprendente gli elementi 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1,e corrispondente ad una funzione $(-1)^{(i+1)/2} \text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei tra-
10 sduttori nell'insieme di trasduttori e che sostituisce la sequenza della funzione $\text{rem}(i/2)$ secondo la rivendicazione 10 e quella della funzione $(\text{rem}((i+1)/3)-1)$ secondo la rivendicazione 12.
15. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che è prevista l'emissione di almeno un segnale impulsivo avente un inviluppo con bordi smussati, ad esempio un segnale
15 d'inviluppo triangolare o Gaussiano.
16. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che l'inviluppo degli echi degli impulsi che si trovano nei fasci di ricezione è smussato tramite l'uso di filtri.
- 20 17 Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che vengono generati fasci di onde ad ultrasuoni in trasmissione che presentano un inviluppo con andamento smussato ai bordi, in particolare triangolare o Gaussiano.
- 25 18. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che i ritardi dei segnali in ricezione dei singoli trasdut-

IL SEGRE

Dr. ssa Anna Maria



20 NOV 2002

Giorgio A. Karapinosoff
Mandatario Abilitato
Iscritto al N. 531 BM

tori di ricezione vengono calcolati anche in funzione della distanza dei punti di riflessione dall'origine di un sistema di coordinate prescelto e che descrive lo spazio di propagazione dei fasci ad ultrasuoni, secondo un metodo cosiddetto di focalizzazione dinamica.

IL SEGRETARIO GENERALE

Dr.ssa Anna Rosa Gambino

- 5 19. Dispositivo per l'attuazione del detto metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 1 a 18 in particolare una macchina per il rilevamento di immagini ecografiche, caratterizzato dal fatto che comprende almeno una sonda ecografica (10) con una pluralità di trasduttori di trasmissione ed una pluralità di trasduttori di ricezione, una unità di
- 10 formazione dei fasci in ricezione (14) a cui sono collegati trasduttori di ricezione, per l'applicazione dei ritardi di allineamento temporale dei segnali di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione con riferimento alla direzione di focalizzazione dei singoli trasduttori su una o più sorgenti di riflessione, mezzi per l'elaborazione dei segnali di ricezione compren-
- 15 denti mezzi di eliminazione od almeno di attenuazione della componente dei detti segnali di ricezione alla frequenza fondamentale, mezzi di somma dei singoli segnali di ricezione dei rispettivi trasduttori di ricezione e mezzi di trasformazione dei segnali di somma in dati immagine, nonché di visualizzazione dei dati immagine sotto forma di immagini
- 20 grafiche,
- caratterizzato dal fatto che i mezzi di formazione dei fasci in ricezione (14) sono costituiti da una unità programmabile o comandabile da mezzi di comando (15, 16) a loro volta programmabili ed in cui sono memorizzati o memorizzabili gli algoritmi di calcolo dei ritardi temporali di ricezio-
- 25 ne dei segnali da parte dei singoli trasduttori di ricezione, i quali ritardi



28 NOV.2002

vengono calcolati in funzione della posizione del trasduttore nell'insieme di trasduttori relativamente ad un riferimento prestabilito, sulla base dell'angolo di steering, della distanza di focalizzazione e sulla base di una prestabilita frequenza armonica della frequenza fondamentale dei
5 segnali di ricezione.

20. Dispositivo secondo la rivendicazione 19, caratterizzato dal fatto che le unità di formazione dei fasci (14) in ricezione sono programmate o comandate da mezzi (15, 16, 17) a loro volta programmabili a calcolare i ritardi di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione in modo da generare una variazione del verso di spostamento di fase determinato dalla dipendenza funzionale dei ritardi dalla frequenza armonica prescelta, in particolare dalla frequenza della seconda armonica.

21. Dispositivo secondo le rivendicazioni 19 o 20, caratterizzato dal fatto che l'unità di formazione del fascio di ricezione (14) è programmata in modo tale da comandare da mezzi programmabili (15, 16, 17) in modo tale da calcolare i ritardi di ricezione dei singoli trasduttori di ricezione secondo la seguente funzione:

$$\frac{x_i \sin \theta_0}{c} + i \frac{1}{2f_0}$$

in cui:

20 in cui: "i" = indice del trasduttore;

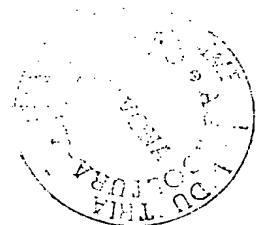
f_0 = frequenza fondamentale;

X_i = è la distanza del trasduttore "i" da un riferimento prestabilito;

θ_0 = è l'angolo di steering;



IL SEGRETARIO GENERALE
D.ssa Anna Rosa Gambino



28 NOV. 2002

22. Dispositivo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 19 a 21, caratterizzato dal fatto che l'unità di formazione del fascio di ricezione (14) è programmata in modo tale od è comandata da mezzi programmabili (15, 16, 17) in modo tale da combinare lo sfasamento dei segnali di ricezione dei singoli trasduttori dovuto all'applicazione dei ritardi funzionali e dalla dipendenza degli stessi dalla frequenza armonica prescelta, in particolare la seconda armonica, con una sequenza di variazione del verso di sfasamento costituita da elementi fra loro alternati di valore "0" e di valore "1".
23. Dispositivo secondo la rivendicazione 22, caratterizzato dal fatto che la detta sequenza è definita ad esempio dalla funzione $\text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori, essendo l'algoritmo di calcolo dei ritardi il seguente:

$$\frac{x_i \sin \theta_0}{c} + \text{rem}(i/2) \frac{1}{2f_0}$$

- in cui: "i" := indice del trasduttore;

f_0 := frequenza fondamentale;

X_i := è la distanza del trasduttore "i" da un riferimento prestabilito;

θ_0 := è l'angolo di steering;

24. Dispositivo secondo la rivendicazione 22, caratterizzato dal fatto che la detta sequenza è del tipo 0, 1, -1, 0, 1, -1, corrispondente ad una funzione $(\text{rem}((i+1)/3)-1)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori e che sostituisce la funzione $\text{rem}(i/2)$ nell'algoritmo di calcolo dei ritardi secondo la rivendicazione 23.

KIL SEL
Dr.ssa Anna Maria Gambino
Anna Maria Gambino



25. Dispositivo secondo la rivendicazione 22, caratterizzato dal fatto che la detta sequenza comprende gli elementi 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, corrispondente ad una funzione $(-1)^{(i+1)/2} \text{rem}(i/2)$, in cui "i" è il numero d'ordine o di posizione dei trasduttori nell'insieme di trasduttori e che
5 sostituisce la funzione $\text{rem}(i/2)$ nell'algoritmo di calcolo dei ritardi secondo la rivendicazione 23.

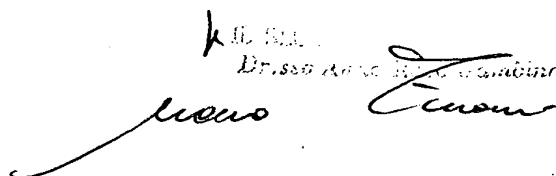
26. Dispositivo secondo una o più delle rivendicazioni 19 a 25, caratterizzato dal fatto che comprende ulteriormente mezzi per produrre in uno o più o tutti i fasci di trasmissione un impulso avente un inviluppo
10 con bordi smussati o, in alternativa, mezzi che permettano di produrre inviluppo smussato negli echi presenti in uno o più o tutti i segnali di ricezione dei singoli trasduttori, in particolare un segnale d'inviluppo triangolare o Gaussiano.

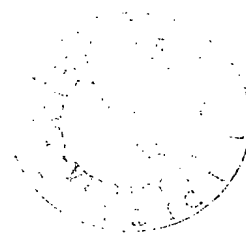
p.i. ESAOTE S.p.A.

15


GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO
531 BM

23 NOV. 2002


Dr. ssa Anna Maria Carandino



1/9

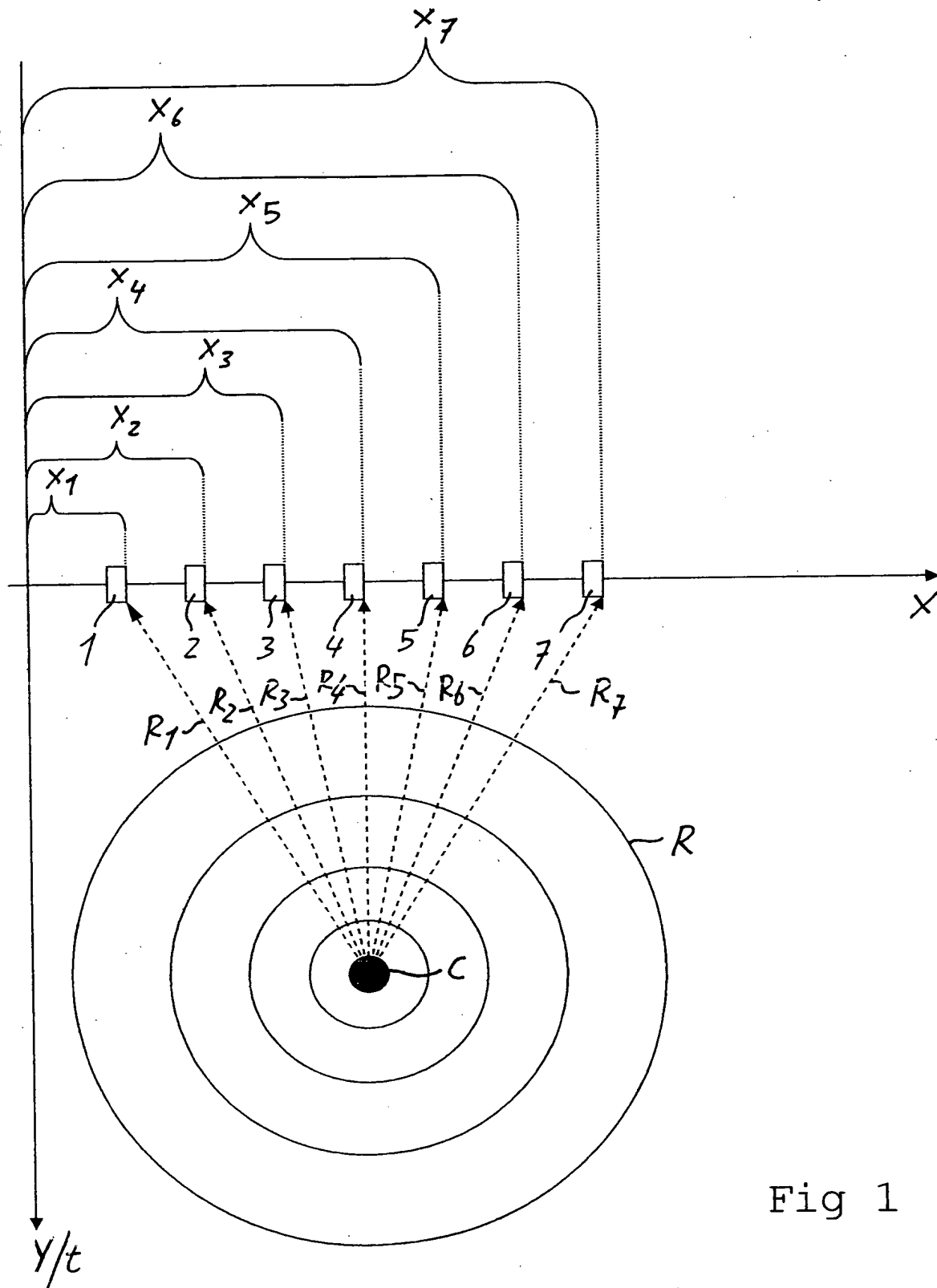


Fig 1

2/9

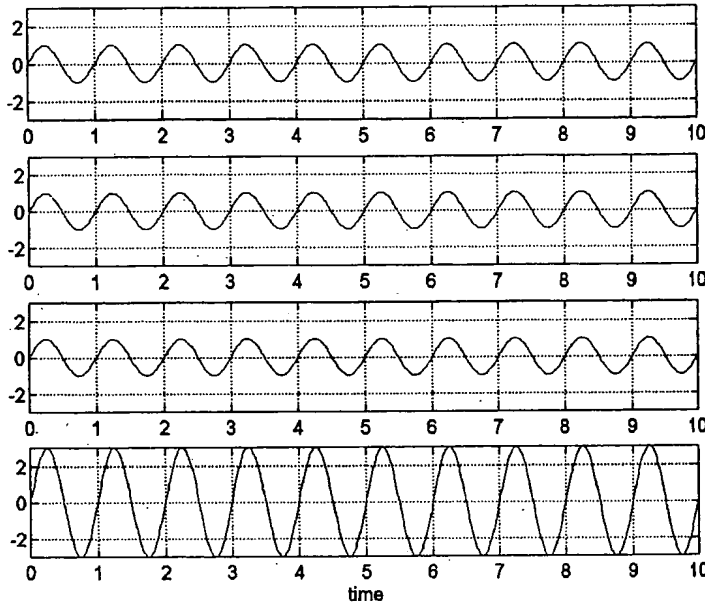


Fig 2

Fondamentale Stato dell'arte

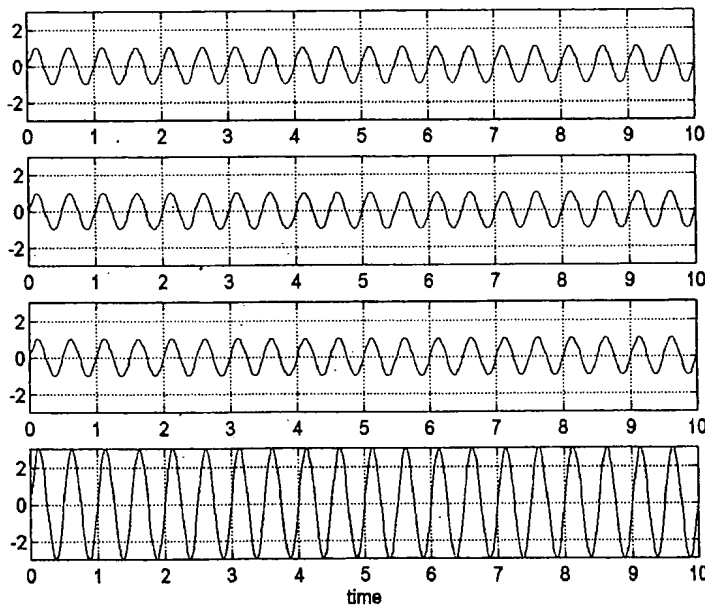


Fig.3

Il armonica Stato dell'Arte

3/9

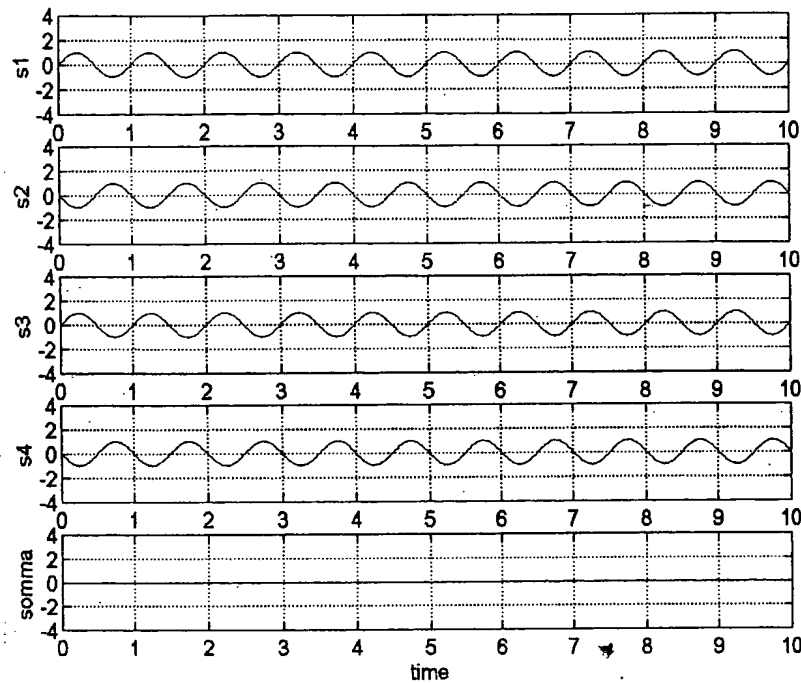


Fig. 4

Fondamentale

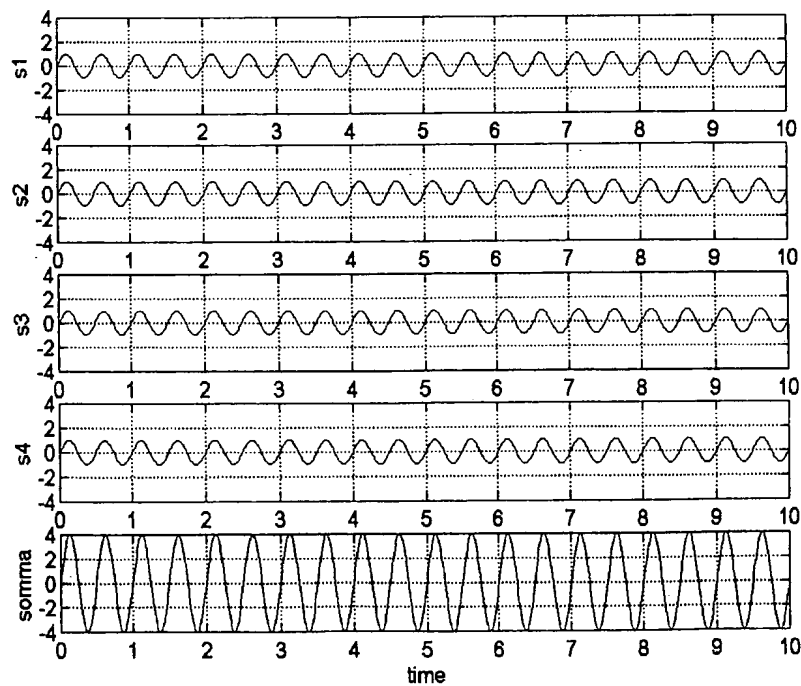
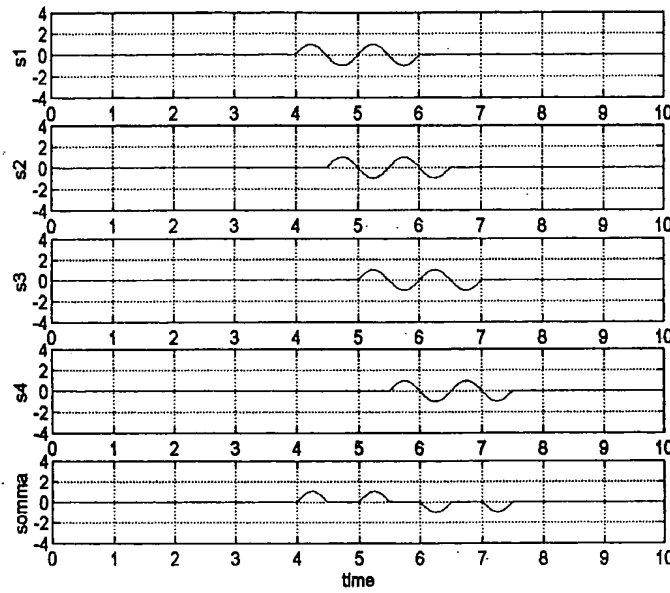


Fig. 5

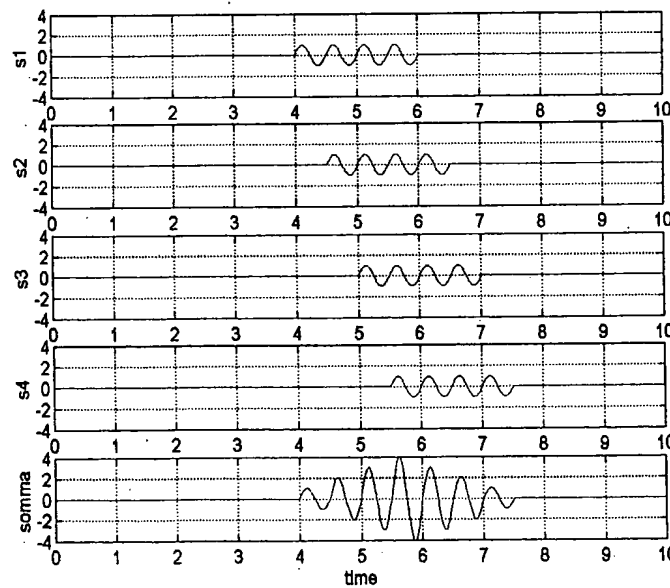
II armonica

4/9



Fondamentale

Fig. 6

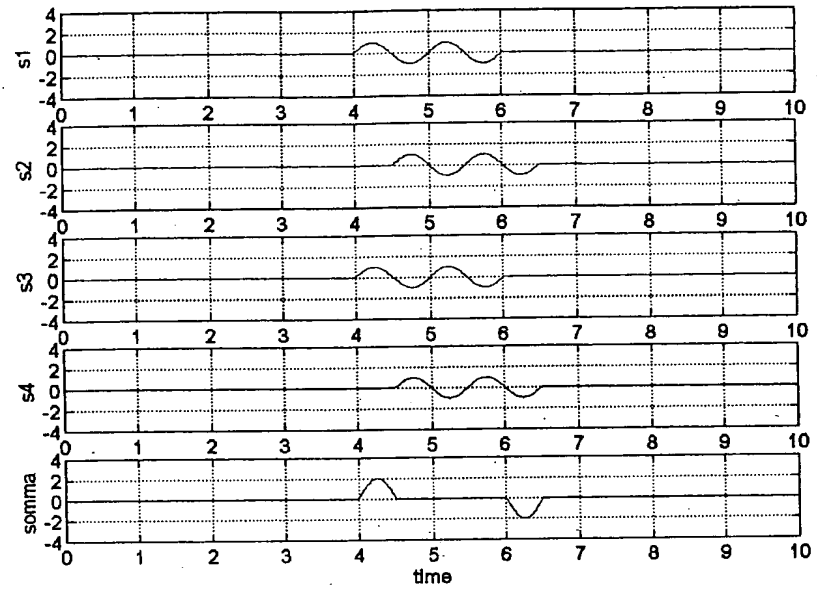


II armonica

Fig. 7

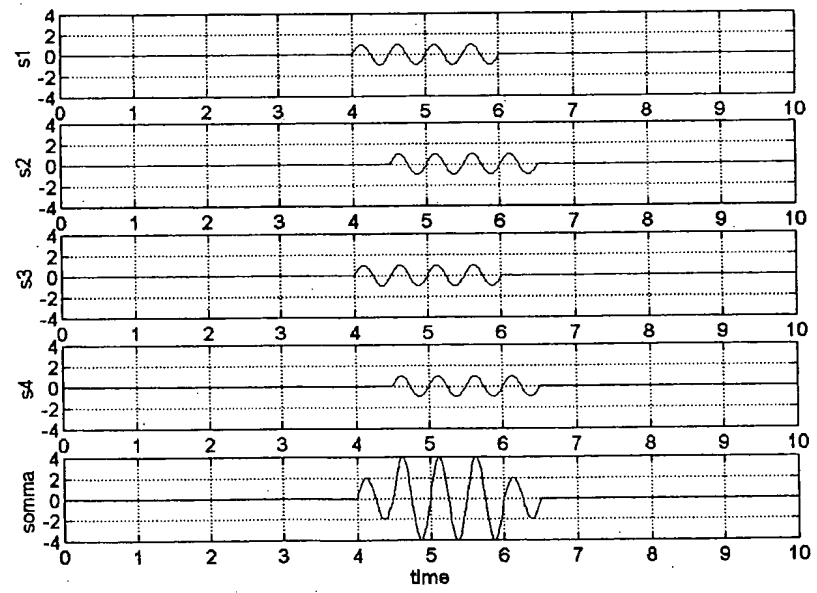
5/9

Sequenza: 0, 1, 0, 1, 0, 1, ...



Fondamentale

Fig. 8



Il armonica

Fig. 9

6/9

Sequenza: 0, 1, -1, 0, 1, -1, ...

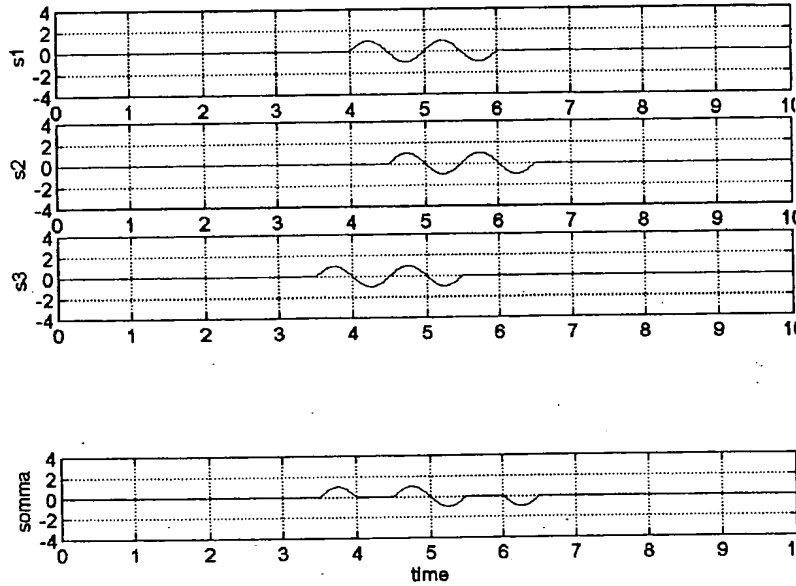
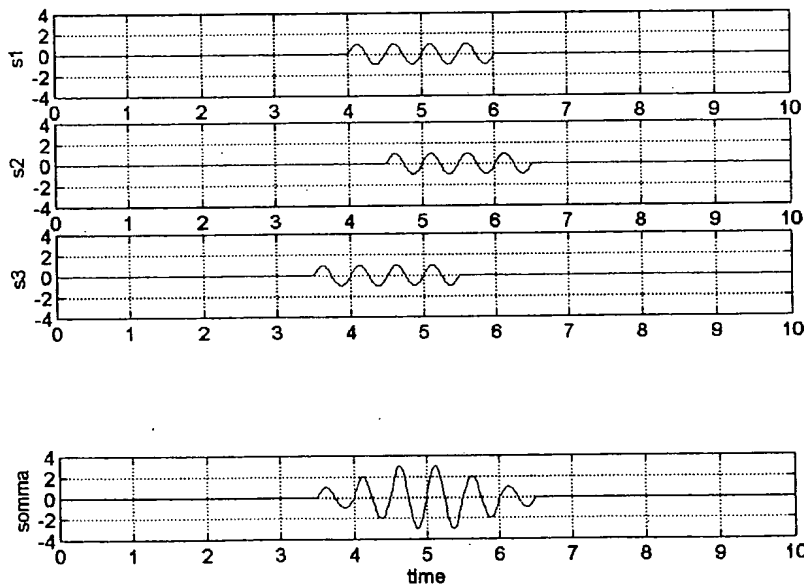


Fig. 10

Fondamentale



Il armonica

Fig. 11

7/9

Sequenza: 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, ...

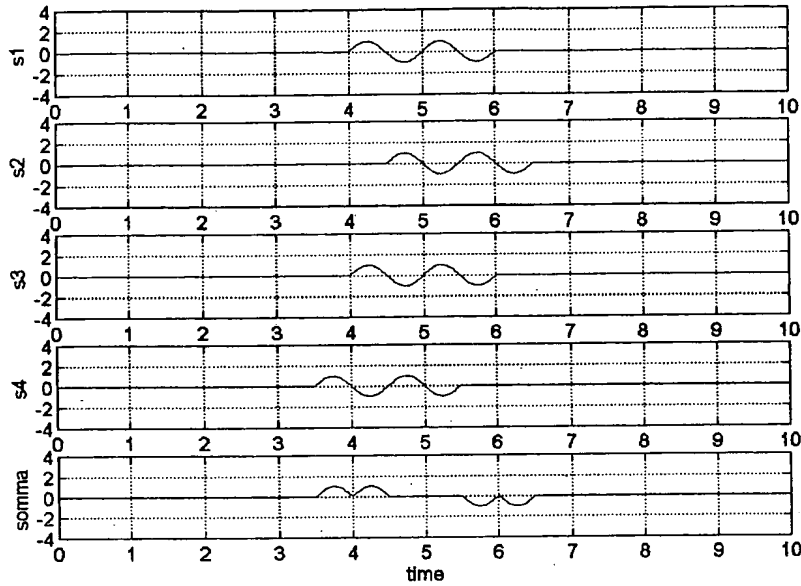


Fig. 12

Fondamentale

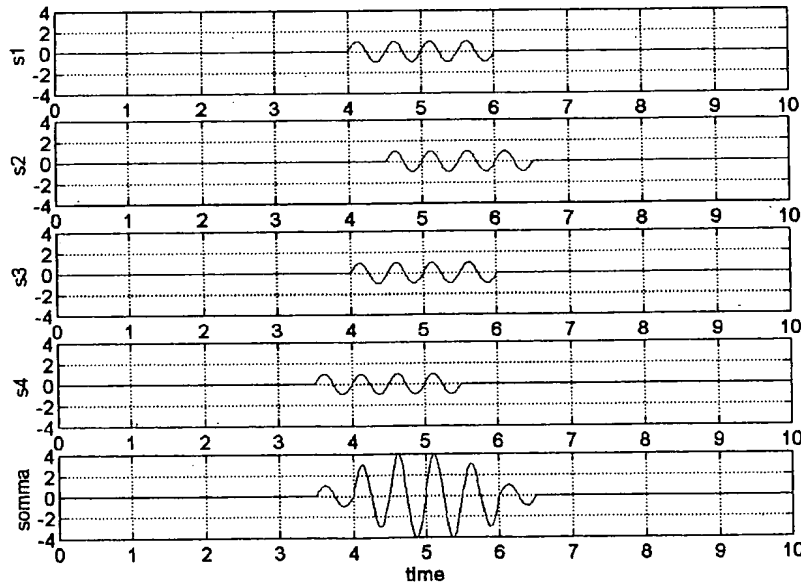
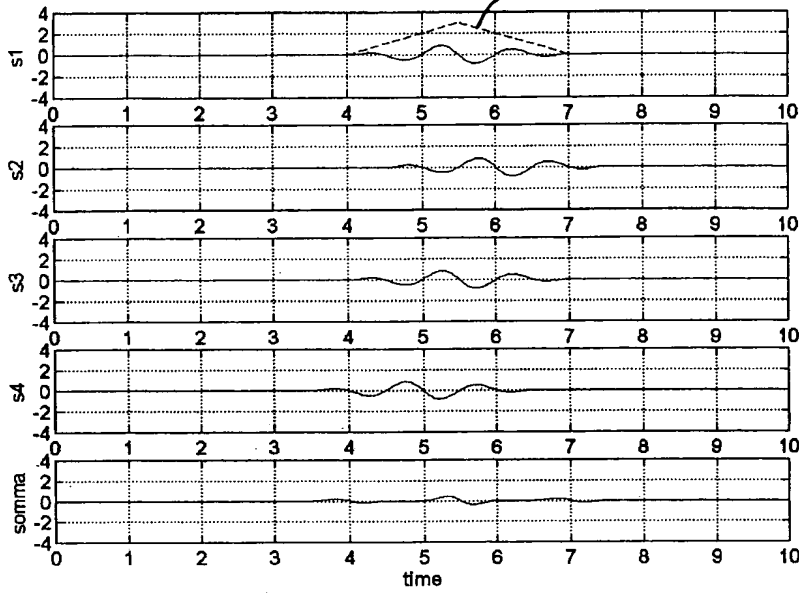


Fig. 13

Il armonica

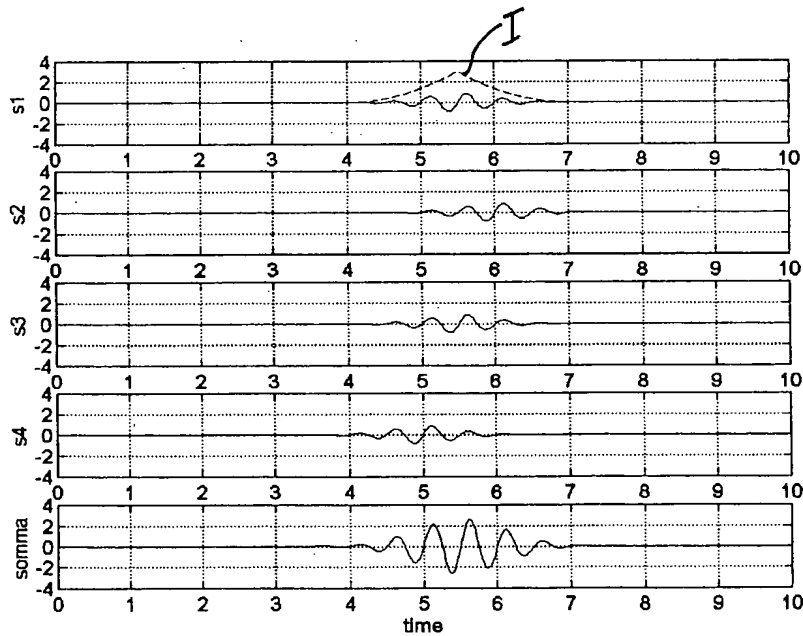
8/9

I



Fondamentale

Fig 14



II armonica

Fig 15

9/9

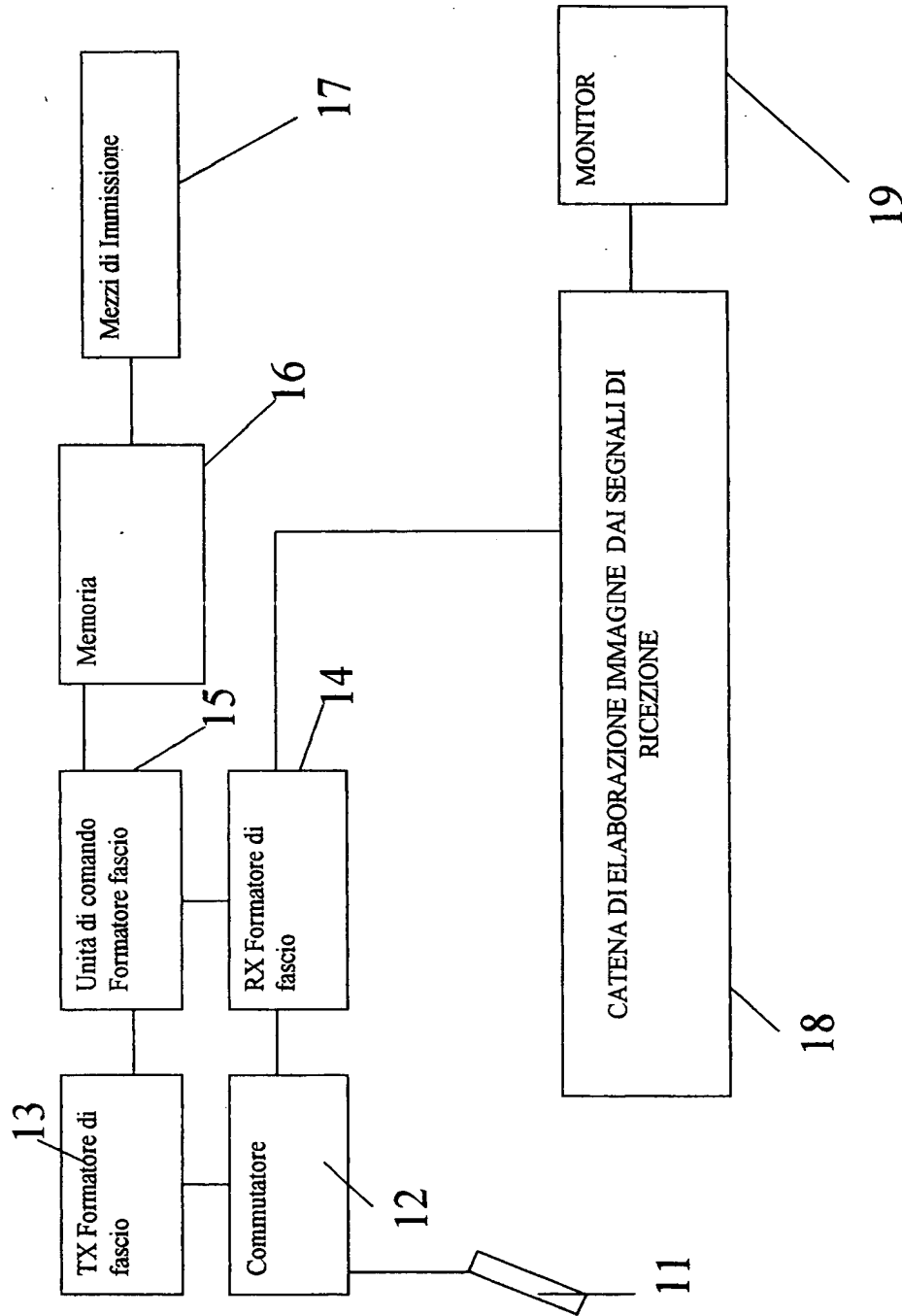


FIG. 16